

Atributos ecológicos e modelagem de nicho climático de *Allagoptera brevicalyx* Moraes, espécie ameaçada de extinção

Ecological attributes and climate niche modelling of *Allagoptera brevicalyx* Moraes, an endangered species

Atributos ecológicos y modelización de nichos climáticos de *Allagoptera brevicalyx* Moraes, una especie en peligro de extinción

Recebido: 20/08/2021 | Revisado: 27/08/2021 | Aceito: 09/09/2021 | Publicado: 12/09/2021

Daniel da Paixão Menezes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0740-5110>
Universidade Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: menezesdanielpaixao@gmail.com

Edineide Leite Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8514-274X>
Universidade Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: edineidels141@gmail.com

Lara Fabian Rodrigues de Jesus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0595-3527>
Universidade Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: lara_fabian1@hotmail.com

Daniel Oliveira Reis

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3969-4842>
Universidade Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: daniel.olire@gmail.com

Rony dos Santos Nascimento

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5760-3804>
Universidade Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: ronydosnascimentorony1234@gmail.com

Mylene Mayara dos Santos Macedo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4236-537X>
Universidade Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: mc41572@gmail.com

Beatriz de Mendonça Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8982-8434>
Universidade Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: beatrizmendonca919@gmail.com

Juliano Ricardo Fabricante

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4767-7302>
Universidade Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: julianofabricante@hotmail.com

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a estrutura populacional de *Allagoptera brevicalyx* Moraes no Parque Nacional Serra de Itabaiana, SE e a sua susceptibilidade de ocorrência no Nordeste brasileiro. Para isso, foram plotadas 20 parcelas de 25 m², onde no interior dessas unidades amostrais todos os indivíduos da espécie foram contabilizados e aferidos. Com esses dados foram calculadas a densidade, a dispersão espacial, a correlação entre os estádios ontogenéticos e os indivíduos foram distribuídos em classes de frequência diamétricas e hipsométricas. Para a modelagem, pontos de ocorrência georreferenciados da espécie foram coletados no SpeciesLink e no GBIF. Foram utilizados diferentes algoritmos para gerar um modelo consensual e os mapas foram confeccionados no Qgis. Foram amostrados um total de 111 indivíduos (0,22 ind.m²), dos quais 44 (0,09 ind.m²) eram adultos e 67 (0,13 ind.m²) eram regenerantes. A espécie apresentou dispersão agregada para toda a população (Id = 1,12), assim como para os adultos (Id = 1,18) e para os regenerantes (Id = 1,51). Na distribuição de indivíduos em classes de frequência diamétricas, obteve-se uma distribuição em “J” invertido. Em relação a distribuição de indivíduos em classes de frequência hipsométricas, a maior concentração de indivíduos foi observada nas classes intermediárias. A espécie apresentou susceptibilidade de ocorrência variando de média a alta em boa parte da costa nordestina e em algumas áreas de agreste. A espécie *A. brevicalyx* apresentou baixa densidade, contudo a população está estável. A distribuição

potencial da espécie indica o litoral nordestino como a região mais propícia para sua conservação e para a busca por novas populações.

Palavras-chave: *Arecaceae*; Estrutura populacional; Modelagem de nicho climático.

Abstract

This study aims to evaluate the population structure of *Allagoptera brevicalyx* Moraes in the Parque Nacional Serra de Itabaiana, SE and its susceptibility to occurrence in the northeastern of Brazil. For this, 20 plots of 25 m² were plotted, as all individuals of the species were counted and measured inside these sampling units. With these data, density, spatial dispersion, correlation between ontogenetic stages and individuals were calculated in diametric and hypsometric frequency classes. For modeling, georeferenced occurrence points of the species were collected in SpeciesLink and GBIF. Different algorithms were used to generate a consensual model and the maps were made in Qgis. A total of 111 individuals (0.22 ind.m²) were sampled, of which 44 (0.09 ind.m²) were adults and 67 (0.13 ind.m²) were regenerating. The species showed aggregated dispersion for the entire population (Id = 1.12), as well as for adults (Id = 1.18) and for regenerants (Id = 1.51). Concerning to the distribution of individuals in diametric frequency classes, an inverted "J" distribution was obtained. Regarding the distribution of individuals in hypsometric frequency classes, the highest concentration of individuals was observed in the intermediate classes. The species showed an occurrence susceptibility ranging from medium to high in a good part of the northeastern coast and in some wild areas. The species *A. brevicalyx* showed low density, however the population is stable. The potential distribution of the species indicates the northeastern coast as the most favorable region for its conservation and for the search for new populations.

Keywords: *Arecaceae*; Population structure; Climate niche modeling.

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar la estructura poblacional de *Allagoptera brevicalyx* Moraes en el Parque Nacional Serra de Itabaiana-SE y su susceptibilidad de la ocurrencia en el noreste de Brasil. Para ello, se trazaron 20 parcelas de 25 m², donde dentro de esas unidades de muestreo se contaron y midieron todos los individuos de la especie. Con esos datos se calculó la densidad, la dispersión espacial, la correlación entre estadios ontogenéticos y los individuos fueron distribuidos en clases de frecuencia diametrales e hipsométricas. Para el modelado, se recolectaron puntos de ocurrencia georreferenciados de la especie en el SpeciesLink y en el GBIF. Se utilizaron diferentes algoritmos para generar un modelo consensual y se confeccionaron los mapas en el Qgis. Se muestrearon un total de 111 individuos (0.22 ind.m²), de los cuales 44 (0.09 ind.m²) eran adultos y 67 (0.13 ind.m²) eran regeneradores. La especie presentó dispersión agregada para toda la población (Id = 1.12), así como para adultos (Id = 1.18) y para los regeneradores (Id = 1.51). En la distribución de individuos en clases de frecuencia diametral, se obtuvo una distribución en "J" invertida. En cuanto a la distribución de individuos en clase de frecuencia hipsométrica, la mayor concentración de individuos se observó en las clases intermedias. La especie presentó una susceptibilidad de ocurrencia variando de media a alta en buena parte de la costa del nordeste y en algunas áreas de agreste. La especie *A. brevicalyx* presentó baja densidad, sin embargo, la población es estable. La distribución potencial de la especie indica la costa del nordeste como la región más favorable para su conservación y para la búsqueda de nuevas poblaciones.

Palabras clave: *Arecaceae*; Estructura poblacional; Modelado de nicho climático.

1. Introdução

A família *Arecaceae* apresenta ampla distribuição pelo globo, especialmente nos trópicos (Lima et al., 2003). No Brasil, existem cerca de 270 espécies nativas (Lorenzi et al., 2010), sendo que muitas delas possuem alto valor ornamental, econômico, medicinal e nutricional (Soares et al., 2014; Zambrana et al., 2007), além de serem fonte de alimento e de abrigo para a fauna silvestre (Silvius, 2002; Souza & Lima, 2019). A despeito dessas características, alguns dos representantes dessa família estão atualmente ameaçados de extinção, como é o caso de *Allagoptera brevicalyx* Moraes, categorizada como "Vulnerável" (CNCFlora, 2021).

Segundo Moraes (1996), a espécie *A. brevicalyx* ocorre principalmente nas Restingas do Nordeste brasileiro. Apesar da literatura apontar uma distribuição maior (Flora do Brasil 2020, 2021), até o momento só existem registros dessa palmeira na Bahia e em Sergipe (GBIF, 2021; Specieslink, 2021). Mesmo diante da sua condição de vulnerabilidade, existem poucas informações sobre seus atributos ecológicos. Essas informações são muito importantes, uma vez que podem subsidiar projetos de conservação de táxons em risco de extinção (Papes & Gaubert, 2007; Rodrigues et al., 2009), como é o caso de *A. brevicalyx*. Uma forma de obtenção dessas informações se dá através de trabalhos de estrutura populacional.

As características estruturais de uma espécie resultam de ações e interações entre uma série de fatores evolutivos e ecológicos (Martins, 1987; Hutchings, 1996). Estudar a estrutura de uma população permite compreender a sua interação com o ambiente no momento atual, detectar eventos de perturbação do passado, além de permitir inferir sobre as condições futuras dessa população (Silva et al., 2009). Além disso, os dados resultantes desses estudos podem fornecer informações importantes sobre a estabilidade do ambiente onde a espécie ocorre (Begon et al., 2006).

Um outro aspecto importante a ser levado em consideração para espécies em risco de extinção, é o conhecimento de sua distribuição geográfica, real e potencial. A utilização de ferramentas que auxiliem na identificação de áreas susceptíveis para ocorrência dos táxons pode gerar informações extremamente importantes. Dentre essas ferramentas está a modelagem de nicho climático (Kamino et al., 2011; Kamino et al., 2012).

A modelagem de nicho climático é uma técnica que utiliza algoritmos para correlacionar dados de ocorrência de uma espécie com variáveis bióticas e abióticas com intuito de identificar áreas potenciais para ocorrência do táxon avaliado (Anderson et al., 2003; Guisan & Zimmermann, 2000; Montoya et al., 2012). Essa é uma técnica que apresenta diversas aplicabilidades (Contreras-Medina et al., 2010; Guisan & Zimmermann, 2000; Rodrigues et al., 2015; Vieira et al., 2015) e dentre elas é possível destacar sua utilização para identificar novas populações de uma espécie (Alencar et al., 2018; Marcer et al., 2013) ou como passo inicial para criação de áreas para a sua conservação (Koch et al., 2017).

Desta forma, nosso objetivo foi avaliar a estrutura populacional da espécie *A. brevicalyx*, assim como as áreas suscetíveis a sua ocorrência no Nordeste brasileiro.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado no Parque Nacional Serra de Itabaiana (PARNASI - 10°46'43" S, 37°20'53" W). O PARNASI apresenta uma área de 7.966 ha (Costa, 2014) e é composto predominantemente por fragmentos de Mata Atlântica (Vicente et al., 1997) em diferentes condições de conservação (Silva et al., 2019).

O clima da região é tropical com verão seco e inverno com excedente hídrico, com precipitação média anual variando de 1.100-1.300mm (Vicente, 1999). Os solos são bastante variáveis, predominando os Neossolos (ICMBio, 2016). Um estudo realizado por Dantas e Ribeiro (2010) mostrou que existe no local solos sedimentares arenosos e brancos, possivelmente originado da decomposição da rocha matriz do domo da serra. É sobre esses solos que *A. brevicalyx* é encontrada no PARNASI.

2.2 Coleta e análise dos dados

2.2.1 Estrutura populacional de *Allagoptera brevicalyx*

Foram plotadas 20 parcelas de 25 m² nos sítios de ocorrência da *A. brevicalyx* (Figura 1). Em cada unidade amostral contabilizou-se o número de indivíduos e foram aferidas a altura e diâmetro do caule na altura do solo (DAS) desses espécimes. Esses dados foram utilizados para calcular a densidade absoluta (Kent & Coker, 1992) e a distribuição espacial da palmeira por meio do índice Morisita (Morisita, 1962). A significância do resultado foi avaliada pelo teste qui-quadrado ($p \leq 0,05$) (Young & Young, 1998). Os indivíduos amostrados ainda foram separados em dois estádios ontogenéticos: adultos (aqueles que apresentavam material reprodutivo ou resquícios dessas estruturas) ou regenerantes (os demais indivíduos). Posteriormente foi calculada a correlação de Pearson entre os estádios ontogenéticos (Triola, 1999). Para avaliar a significância do resultado foi utilizado o teste t (Brower & Zar, 1984). Por fim, os indivíduos foram distribuídos em classes de frequência diamétricas e hipsométricas. Para tanto, utilizou-se intervalos de cinco centímetros (5 cm) para o DAS e de cinquenta centímetros (50 cm) para a altura.

Figura 1. *Allagoptera brevicalyx*, Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe.



Fonte: Autores.

As análises estatísticas foram realizadas no programa BIOESTAT 5.0 (Ayres *et al.*, 2007), Lizaro Morisita Calc v1.0 (Rodrigues, 2007) e em planilha eletrônica Excel 2010.

2.2.2 Modelagem de nicho climático de *Allagoptera brevicalyx*

Foram coletados pontos de ocorrência georreferenciados da espécie estudada nas bases de dados online SpeciesLink (SpeciesLink, 2021) e GBIF (GBIF, 2021). Pontos que apresentavam erros foram excluídos. Em seguida, foram utilizadas 19 variáveis climáticas do WorldClim 2.0. As variáveis citadas fazem parte de dados históricos dos anos de 1970 a 2000 (Fick & Hijmans, 2017). Com intuito de diminuir a colinearidade entre essas variáveis, as mesmas foram submetidas a uma análise de correlação de Pearson com um valor de corte de 0,7 (Dormann *et al.*, 2013). Desta forma, as variáveis utilizadas foram: Amplitude térmica anual (BIO7), Temperatura média do trimestre mais úmido (BIO 8), Temperatura média do trimestre mais seco (BIO 9), Precipitação do trimestre mais chuvoso (BIO 16), Precipitação do trimestre mais seco (BIO 17), Precipitação do trimestre mais quente (BIO 18) e Precipitação do trimestre mais frio (BIO19).

Para a modelagem foram utilizados os algoritmos Generalized Additive Models (GAM) (Guisan *et al.*, 2002), Gaussian Process (GAU) (Golding & Purse, 2016), Maximum Entropy (MaxEnt) (Phillips *et al.*, 2006), Random Forest (RF) (Breiman, 2001) e Support Vector Machine (SVM) (Salcedo-Sanz *et al.*, 2014). Os modelos foram replicados 10 vezes em bootstrap utilizando 70% dos pontos para o treino e 30% para o teste (Zurell *et al.*, 2020). A validade dos modelos foi testada utilizando a métrica TSS (True Skill Statistic), onde valores próximos ou iguais a 1 indicam predição satisfatória e valores menores que 0 indicam que o modelo não é melhor que uma predição aleatória (Allouche *et al.*, 2006). No final foi gerado um modelo consensual através da técnica “ensemble” utilizando a média dos melhores modelos avaliados. Nessa técnica são

selecionados os modelos que apresentaram valores de TSS maior que o valor médio obtido entre todos os modelos (Velazco et al., 2019). Todos os modelos foram gerados no pacote “ENMTML” (Andrade et al., 2020) no ambiente R (R Core Team, 2021). O layout do mapa foi posteriormente construído no QGIS (QGIS, 2021).

3. Resultados

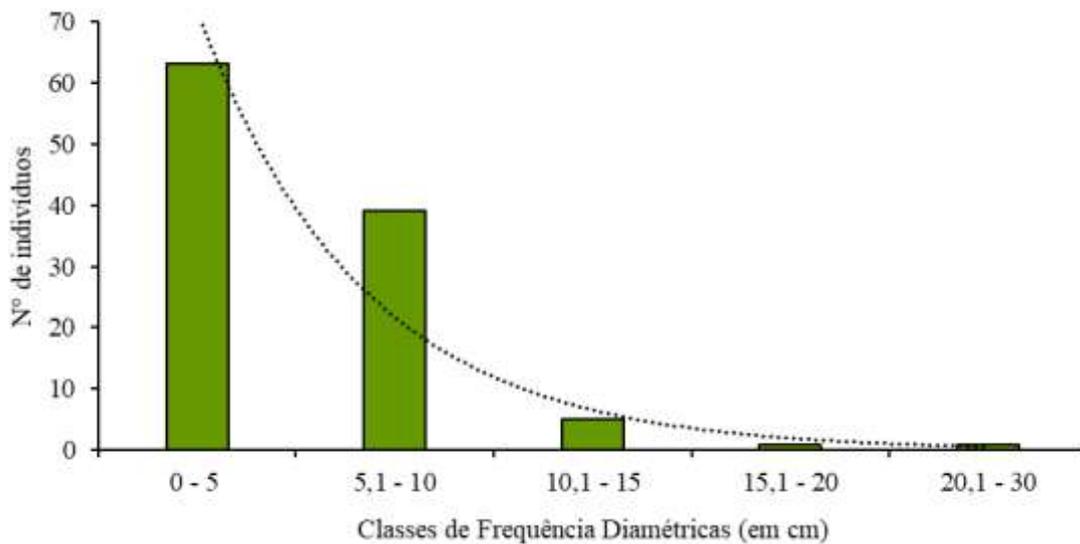
3.1 Estrutura populacional de *Allagoptera brevicalyx*

Ao todo foram amostrados 111 indivíduos dos quais 44 eram adultos e 67 regenerantes. Assim, a densidade da população foi de 0,22 ind.m², dos adultos foi de 0,09 ind.m² e dos remanescentes foi de 0,13 ind.m².

O valor do índice de dispersão espacial de Morisita (Id) foi de 1,12, para a população total, de 1,18 para os adultos e de 1,51 para os regenerantes. Esses valores indicam que a espécie apresenta dispersão agregada nos três casos, porém estatisticamente isso não foi confirmado ($p > 0,05$). Os estágios ontogenéticos apresentaram correlação negativa entre si, porém, não significativa ($r = -0,26$; $t = -1,15$; $p = 0,27$).

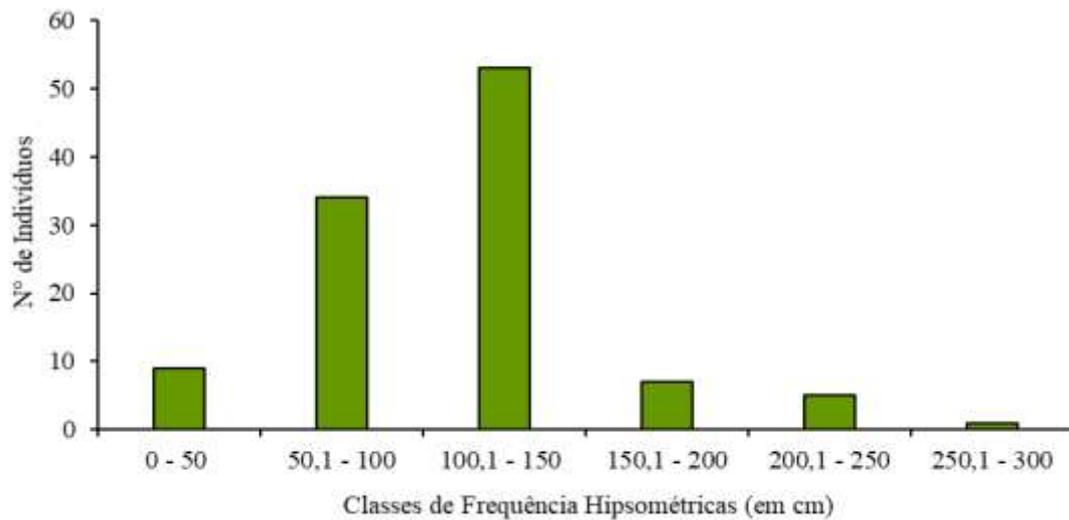
Na distribuição dos indivíduos em classes de frequência diamétricas (Figura 2), observa-se uma maior abundância de espécimes nas primeiras classes com diminuição no número de indivíduos nas seguintes, formando uma curva exponencial em “J” invertido. Já na distribuição de indivíduos em classes de frequência hipsométricas (Figura 3), nota-se uma maior abundância de espécimes nas classes intermediárias com uma diminuição no número de indivíduos nas seguintes.

Figura 2. Distribuição de indivíduos de *Allagoptera brevicalyx* em classes de frequência diamétricas, Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe.



Fonte: Autores.

Figura 3. Distribuição de indivíduos de *Allagoptera brevicalyx* em classes de frequência hipsométricas, Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe.

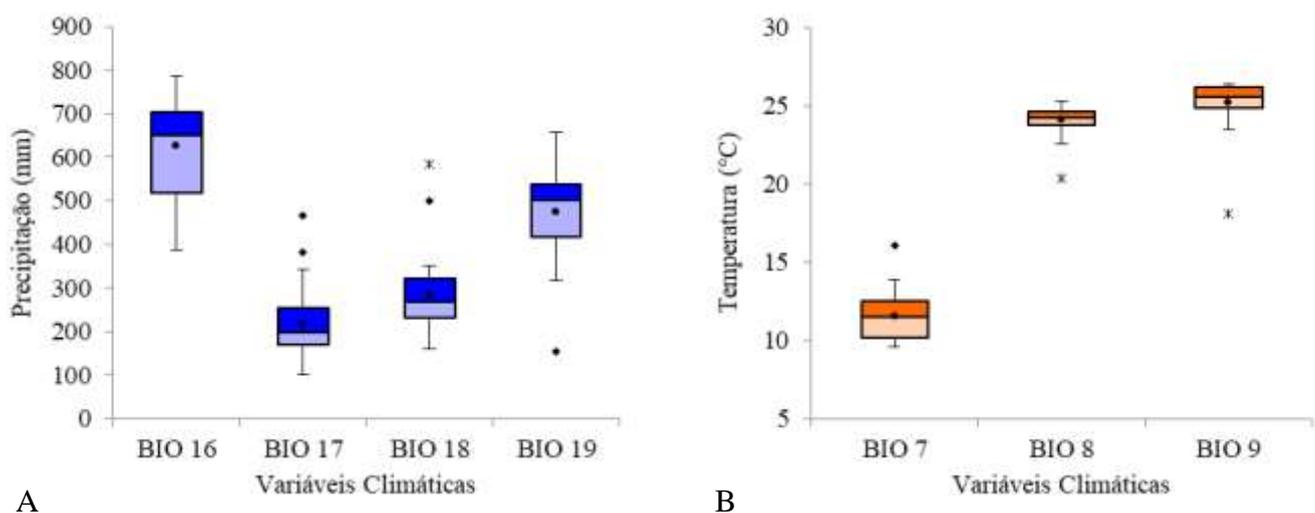


Fonte: Autores.

3.2 Modelagem de nicho climático de *Allagoptera brevicalyx*

A palmeira estudada se mostrou estenohídrica e estenotérmica. A espécie ocorre em sítios com precipitação do trimestre mais chuvoso variando de 387 a 785 mm, precipitação nos trimestres mais secos de 90 a 465 mm, precipitação do trimestre mais frio de 154 a 656 mm e Precipitação do trimestre mais quente de 159 a 585 mm. A amplitude térmica anual varia entre 9,6 a 16,1°C, temperatura média do trimestre mais úmido de 20,38 a 25,26°C e a temperatura média do trimestre mais seco de 18,11 a 26,36°C (Figura 4).

Figura 4. Boxplot da variação de precipitação (a) e temperatura (b) dos locais de ocorrência de *Allagoptera brevicalyx*. Sendo: BIO 7 = amplitude térmica anual, BIO 8 = temperatura média do trimestre mais úmido, BIO 9 = Temperatura média do trimestre mais seco, BIO 16 = precipitação do trimestre mais chuvoso, BIO 17 = precipitação do trimestre mais seco, BIO 18 = Precipitação do trimestre mais quente, BIO 19 = precipitação do trimestre mais frio.



Fonte: Autores.

Todos os modelos obtidos apresentaram valores de TSS > 0,8. O mapa de consenso, por sua vez, apresentou valor de TSS = 0,885 demonstrando assim uma boa capacidade de predição (Tabela 1).

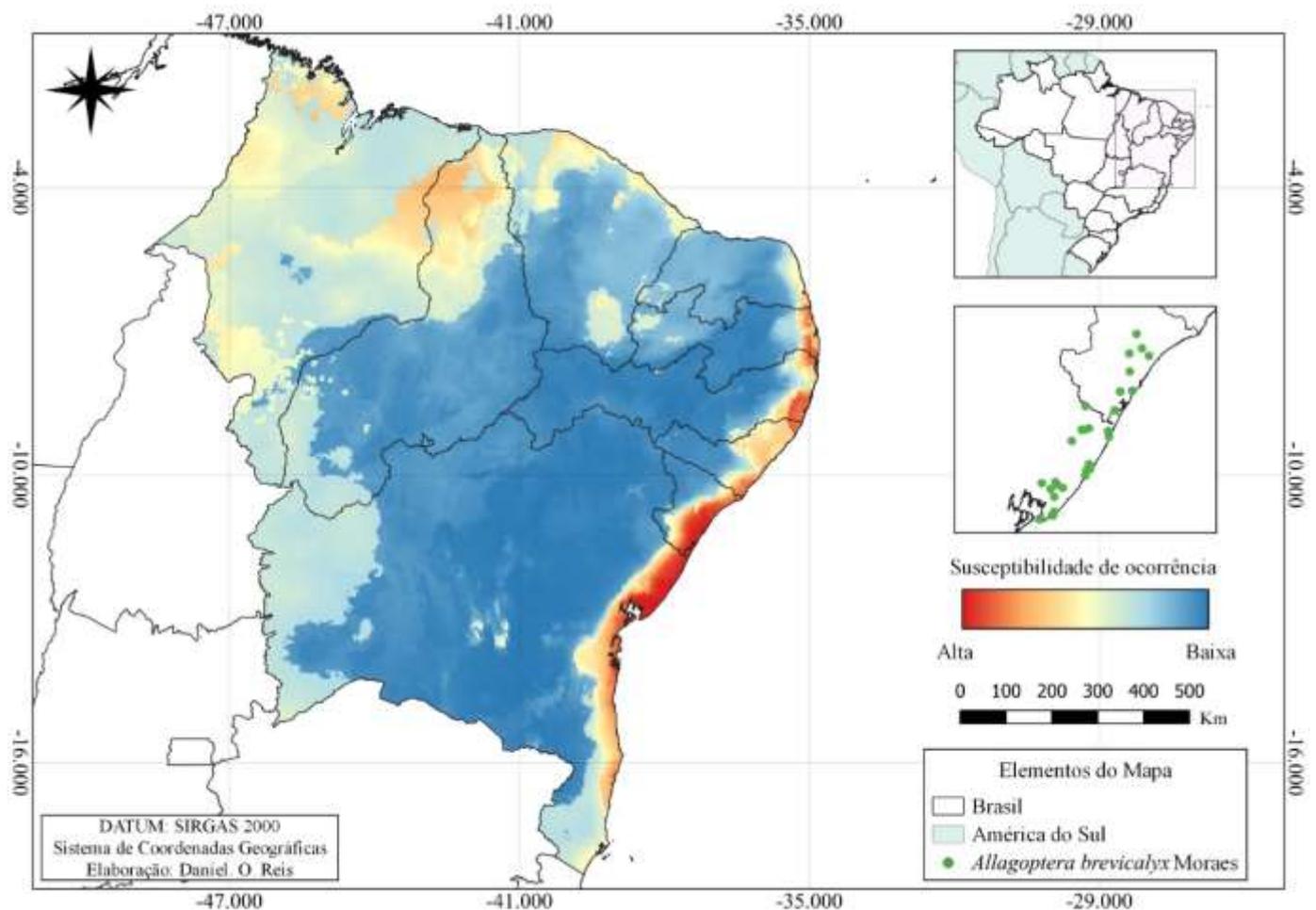
Tabela 1. Modelos de nicho climático gerados para espécie *Allagoptera brevicalyx* Moraes com seus respectivos algoritmos e modelo de consenso (Ensemble). Sendo: GAM - Generalized Additive Models, GAU - Gaussian Process, MaxEnt - Maximum Entropy, RDF - Random Forest, SVM - Support Vector Machine. * modelos selecionados para o Ensemble.

Algoritmo	GAM	GAU	MaxEnt	RDF	SVM	Ensemble
TSS	0,857	0,885*	0,871	0,928*	0,871	0,885

Fonte: Autores.

A espécie apresentou susceptibilidade de ocorrência variando de média a alta em grande parte da costa nordestina, em algumas áreas de agreste e na zona de transição entre os estados do Maranhão e Piauí. Destaca-se os Estados da Bahia e Sergipe por apresentarem uma grande faixa contínua com susceptibilidade de ocorrência alta (Figura 5).

Figura 5. Susceptibilidade de ocorrência de *Allagoptera brevicalyx* no Nordeste brasileiro.



Fonte: Autores.

4. Discussão

4.1 Estrutura populacional de *Allagoptera brevicalyx*

A densidade de *A. brevicalyx* encontrada no presente trabalho foi inferior ao valor obtido (1,32 ind.m²) por Nolasco et al. (2012) em um trecho de Restinga na Bahia. Segundo Jacomine et al. (1975), os solos das Areias Brancas (ecossistema arenícola onde ocorre a espécie *A. brevicalyx* no PARNASI) apresentam um menor teor de nutrientes quando comparado aos solos da Restinga. Essa carência nutricional pode explicar, em parte, essa diferença.

A agregação é um comportamento comum em palmeiras (Almeida & Galetti, 2007; Boll et al., 2005; Guilherme & Oliveira, 2011; Monteiro & Fisch, 2005; Lima et al., 2003; Souza & Martins, 2002; Svenning, 2001) e já foi observada para *A. brevicalyx* em sítios de Restinga (Costa & Ramalho, 2001). Além disso, tal padrão de distribuição parece se repetir para outras espécies que ocorrem nas Areias Brancas do PARNASI (Dantas et al., 2010).

O padrão de “J” invertido observado na distribuição dos indivíduos em classes de frequência diamétricas (Figura 2) é comumente observado para outras palmeiras tropicais, a exemplo de *Euterpe edulis* Mart. (Fávaro et al., 2021; Fisch, 1998; Reis, 1995), *Iriartea deltoidea* Ruiz & Pav. (Pinard & Putz, 1992), *Phytelephas seemannii* O.F. Cook (Bernal, 1998) e *Euterpe precatoria* Mart. (Rocha, 2004). Esse é um padrão que indica que a população estudada se encontra estável (Agren & Zarackinson, 1990; Silvertown, 1987), ou seja, há um equilíbrio entre recrutamento e mortalidade (Bernasol & Lima-Ribeiro, 2010).

Já o baixo número de indivíduos nas primeiras classes de frequência hipsométricas (Figura 3), deve ser consequência da agregação observada para a espécie. Heliófita (Moraes, 1996), *A. brevicalyx* necessita apresentar crescimento acelerado dos regenerantes visando superar o sombreamento provocado por outros indivíduos.

4.2 Modelagem de nicho climático de *Allagoptera brevicalyx*

A distribuição potencial de *A. brevicalyx* se mostrou semelhante à sua distribuição real (Flora do Brasil 2020, 2021). A restrição de áreas susceptíveis a sua ocorrência no Nordeste, deve-se, especialmente, a sua preferência por ambientes com precipitação e temperatura variando de moderadas a altas, o que não é comum na região (ver Meneghetti & Ferrari, 2009; Alvares et al., 2013 e; Souza et al., 2017).

A faixa continua de alta susceptibilidade que se encontra localizada entre os estados da Bahia e Sergipe está parcialmente protegida por uma série de Unidades de Conservação (UCs): Reserva Biológica de Santa Isabel, Refúgio de Vida Silvestre Mata do Junco, Parque Natural Municipal do Poxim, Floresta Nacional do Ibura, Parque Nacional Serra de Itabaiana, Área de Proteção Ambiental Lagoas de Guarajuba, Área de Proteção Ambiental das Lagoas e Dunas do Abaeté, Área de Preservação Ambiental Bacia do Cobre - São Bartolomeu. Além delas, ainda ocorrem nessa região nove reservas particulares.

Dentre as UCs públicas supracitadas é possível destacar a REBIO de Santa Isabel, o PARNA Serra de Itabaiana e as APAs Lagoas de Guarajuba e Lagoas e Dunas do Abaeté, por possuírem solos adequados para ocorrência de *A. brevicalyx* (para mais informações sobre as UCs citadas, ver Almeida & Cunha, 2012; Braghini, & Vilar, 2013; Dantas & Ribeiro, 2010; Oliveira Fernandes et al., 2015). Sendo assim, tais UCs representam importantes áreas para conservação da espécie estudada.

Vale ressaltar que dentre essas UCs, apenas o PARNA Serra de Itabaiana possui registros da espécie estudada (GBIF, 2021; Specieslink, 2021). Tendo em vista que outras UCs demonstraram possuir alta susceptibilidade climática e solos adequados para ocorrência de *A. brevicalyx*, aconselha-se a realização de expedições para essas áreas visando identificar novas populações da mesma. Contudo, é importante ressaltar que o fato da espécie apresentar susceptibilidade de ocorrência não garante necessariamente sua presença no local (Anderson et al., 2002).

5. Conclusão

A espécie *A. brevicalyx* apresentou baixa densidade, contudo a população está estável na área de estudo. A distribuição potencial da espécie indica o litoral nordestino como a região mais propícia para sua conservação e para a busca por novas populações.

Referências

- Agren, J. & Zackrisson, O. (1990). Age and size structure of *Pinus sylvestris* populations on mires in central and northern Sweden. *Journal of Ecology*, 78(4), 1049-1062.
- Alencar, J. L. M.; Kaltchuk-Santos, E.; Fachineto, J.; Tacuatiá, L. O.; Forni-Martins, E. R.; Stiehlalves, E. M. & Souza-Chies, T. T. (2018). Genetic and ecological niche modeling of *Calydorea crocoides* (Iridaceae): an endemic species of Subtropical Highland Grasslands. *Genetics and Molecular Biology*, 41(1), 327-340.
- Allouche, O.; Tsoar, A. & Kadmon, R. (2006). Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of applied ecology*, 43(6), 1223-1232.
- Almeida, F. R. & Cunha, R. R. S. B. (2012). Análise dos aspectos diagnósticos do passivo ambiental–lixão, localizado na APA-Lagoas de Guarajuba, município de Camaçari-estado da Bahia. *Revista Internacional de Ciências*, 2(1), 18-43.
- Almeida, L. B. & Galetti, M. (2007). Seed dispersal and spatial distribution of *Attalea geraensis* (Arecaceae) in two remnants of Cerrado in Southeastern Brazil. *Acta Oecologica*, 32(2), 180-187.
- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. D. M. & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728.
- Anderson, R. P.; Gomez-Laverde, M. & Peterson, A. T. (2002). Geographical distributions of spiny pocket mice in South America: insights from predictive models. *Global Ecology and Biogeography*, 11(2), 131-141.
- Anderson, R. P.; Lew, D. & Peterson, A. T. (2003). Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling*, 162(3), 211-232.
- Andrade, A. F. A.; Velazco, S. J. E. & Júnior, P. D. M. (2020). ENMTML: An R package for a straightforward construction of complex ecological niche models. *Environmental Modelinha & Software*, 125(104615), 1-11.
- Ayres, M.; Ayres, J. R. M.; Ayres, D. L. & Santos, A. S. (2007). *BioEstat: Aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biomédicas*. Sociedade Civil Mamirauá/CNPq.
- Begon, M.; Harper, J. L. & Towhsend, C. R. (2006). *Fundamentos em ecologia*. Artmed.
- Bernal, R. (1998). Demography of vegetable ivory palm *Phytelphes seemannii* in Colombia and the impact of seed harvesting. *Journal of Applied Ecology*, 35(1), 64-74.
- Bernasol, W. P. & Lima-Ribeiro, M. S. (2010). Estrutura espacial e diamétrica de espécies arbóreas e seus condicionantes em um fragmento de Cerrado sentido restrito no sudoeste goiano. *Hoehnea*, 37(2), 181-198.
- Boll, T.; Svenning, J. C.; Vormisto, J.; Normand, S.; Grández, C. & Balslev, H. (2005). Spatial distribution and environmental preferences of the piassaba palm *Aphandra natalia* (Arecaceae) along the Pastaza and Urituyacu rivers in Peru. *Forest Ecology and Management*, 18(213), 175-183.
- Braghini, C. R. & Vilar, J. W. C. (2013). Gestão territorial de áreas protegidas no litoral sergipano: primeiras incursões. *Ambivalências*, 1(1), 115-128.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45(1), 5-32.
- Brower, J. E. & Zar, J. H. (1984). *Field and laboratory methods for general ecology*. Brown Publishers.
- CNCFlora (2021). *Allagoptera brevicalyx* Moraes. http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Allagoptera_brevicalyx
- Contreras-Medina, R.; Luna-Vega, I. & Ríos-Muñoz, C.A. (2010). Distribución de *Taxus globosa* (Taxaceae) en México: Modelos ecológicos de nicho, efectos del cambio del uso de suelo y conservación. *Revista chilena de história natural*, 83(3), 421-433.
- Costa, C. C. (2014). Parque Nacional Serra de Itabaiana: Realidade e Gestão. *Revista Monografias Ambientais*, 13(5), 3933-3951.
- Costa, J. A. S. & Ramalho, M. (2001). Ecologia da polinização em ambiente de duna tropical (APA do Abaeté, Salvador, Bahia, Brasil). *Sitientibus série Ciências Biológicas*, 1(2), 141-153.
- Dantas, T. V. P. & Ribeiro, A. D. S. (2010). Caracterização da vegetação do Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe–Brasil. *Biotemas*, 23(4), 9-18.
- Dantas, T. V. P.; Nascimento-Júnior, J. E.; Ribeiro, A. D. S. & Prata, A. P. N. (2010). Florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea das Areias Brancas do Parque Nacional Serra de Itabaiana/Sergipe, Brasil. *Brazilian Journal of Botany*, 33(4), 575-588.

- Dormann, C. F.; Elith, J.; Bacher, S.; Buchmann, C.; Carl, G.; Carré, G.; Marquéz, J. R. G.; Gruber, B.; Lafourcade, B.; Leitão, P. J.; Münkemüller, T.; McClean, C.; Osborne, P. E.; Reineking, B.; Schröder, B.; Skidmore, A. K.; Zurell, D. & Lautenbach, S. (2013). Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, 36(1), 27-46.
- Fávaro, L. B.; Souza, A. L.; Maia, R. T. & Oliveira Gaspar, R. (2021). Estrutura de uma Floresta Ombrófila Densa Montana com dominância de *Euterpe edulis* Mart. *Ciência Florestal*, 31(2), 550-568.
- Fernandes, V. O.; Sacramento, I. C. C.; Brito, P. L. & Alixandrini Jr, M. J. (2015). Análise socioambiental a partir dos zoneamentos ecológico econômico da Área de Proteção Ambiental das Lagoas e Dunas do Abaeté. *Geo UERJ*, (27), 137-143.
- Fick, S. E. & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*, 37(12), 4302-4315.
- Fisch, S. T. V. (1998). *Dinâmica de Euterpe edulis* Mart. na floresta Ombrófila Densa Atlântica em Pindamonhangaba - SP. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- Flora do Brasil 2020. (2021). *Allagoptera brevicealyx* Moraes. <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB15667>
- GBIF. (2021). *Allagoptera brevicealyx* M.Moraes. <https://www.gbif.org/>
- Golding, N. & Purse, B. V. (2016). Fast and flexible Bayesian species distribution modelling using Gaussian processes. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(5), 598-608.
- Guilherme, F. A. G. & Oliveira, A. S. (2011) Estrutura populacional de *Butia purpurascens* Glassman (Arecaceae) em duas áreas de Cerrado sensu stricto no estado de Goiás. *Journal of Neotropical Biology*, 7(1), 37-45.
- Guisan, A. & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modeling*, 135(2-3), 147-186.
- Guisan, A.; Edwards JR, T. C. & Hastie, T. (2002). Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological modelling*, 157(2-3), 89-100.
- Hutchings, M. J. (1996). *The structure of plant population*. In: Crawley, M. J. Plant Ecology. Blackwell Science.
- ICMBio (2016). *Plano de Manejo Parque Nacional Serra de Itabaiana*.
- Jacomine, P. K. T.; Montenegro, J. O.; Ribeiro, M. R. & Formiga, R. A. (1975). Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Sergipe. *Embrapa Solos-Séries anteriores (INFOTECA-E)*, (36), 1-508.
- Kamino, L. H. Y.; Siqueira, M. F.; Sánchez-Tapia, A. & Stehman, J. R. (2012). Reassessment of the extinction risk of endemic species in the Neotropics: How can modelling tools help us? *Natureza & Conservação*, 10(2), 191-198.
- Kamino, L. H.; Stehmann, J. R.; Amaral, S.; Marco, P.; Rangel, T. F.; Siqueira, M. F.; Giovanni, R. & Hortal, J. (2011). Challenges and perspectives for species distribution modeling in the neotropics. *Biology Letters*, 8(3), 324-326.
- Kent, M. & Coker, P. (1992). *Vegetation Description and Analysis*. Belhaven Press.
- Koch, R.; Almeida-Cortez, J. S. & Kleinschmit, B. (2017). Revealing areas of high nature conservation importance in a seasonally dry tropical forest in Brazil: Combination of modelled plant diversity hot spots and threat patterns. *Journal for Nature Conservation*, 25, 24-39.
- Lima, E. S.; Felfili, J. M.; Marimon, B. S. & Scariot, A. (2003). Diversidade, estrutura e distribuição espacial de palmeiras em um cerrado sensu stricto no Brasil Central, DF. *Rev. Brasil. Bot.*, 26(3), 361-370.
- Lorenzi, H. Noblick, L. R.; Kahn, F. & Ferreira, E. (2010). *Flora brasileira: Arecaceae (Palmeiras)*. Instituto Plantarum.
- Marcet, A.; Sáez, L.; Molowny-Horas, R.; Pons, X. & Pino, J. (2013) Using species distribution modelling to disentangle realised versus potential distributions for rare species conservation. *Biological Conservation*, 166, 221-230.
- Martins, P. S. (1987) Estrutura populacional, fluxo gênico e conservação *in situ*. *Scientia forestalis*, 35, 71-78.
- Meneghetti, G. T. & Ferreira, N. J. (2009). Variabilidade sazonal e interanual da precipitação no Nordeste Brasileiro. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto/INPE*, 14, 1685-1689.
- Monteiro, E. A. & Fisch, S. T. V. (2005). Estrutura e padrão espacial das populações de *Bactris setosa* Mart e *B. hatschbachii* Noblick ex A. Hend (Arecaceae) em um gradiente altitudinal, Ubatuba, SP. *Biota Neot.*, 5(2), 1-7.
- Montoya, J. L.; Peraza, G. R.; Farias, F. A. G.; Anda, J.; Meyer, M. E. & Cuellar, M. H. (2012). Uso del modelado de nicho ecológico como una herramienta para predecir la distribución potencial de *Microcystis* sp (cianobacteria) en la Presa Hidroeléctrica de Aguamilpa. *Revista Ambiente & Água*, 7(1), 218-234.
- Moraes, M. R. (1996). Allagoptera (Palmae). *The New York Botanical Garden*, 73, 1-34.
- Morisita, M. (1962). Is index a measure of dispersion of individuals? *Researches on population ecology*, 4(1), 1-7.
- Nolasco, A. P.; Silva, V. I. S. & Menezes, C. M. (2012). Aspectos florísticos e fitossociológicos da vegetação de entre-moitas em um trecho de uma restinga de Praia do Forte, município de Mata de São João, litoral norte do Estado da Bahia. *Revista Biociências*, 18(1), 42-48.
- Papes, M. & Gaubert, P. (2007). Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. *Diversity and Distributions*, 13, 890-902.

- Phillips, S. J.; Anderson, R. P. & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, 190(3-4), 231-259.
- Pinard, M. A. & Putz, F. E. (1992). Population matrix models and palm resource management. *Bulletin de institut français de études andines*, 21(2), 637- 649.
- QGIS. (2021). A Free and Open Source Geographic Information System. <http://qgis.osgeo.org>
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. <https://www.R-project.org/>
- Reis, A. (1995). *Dispersão de sementes de Euterpe edulis Martius - (Palmae) em uma Floresta Ombrófila Densa Montana da encosta atlântica em Blumenau, SC*. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas.
- Rocha, E. (2004). Potencial ecológico para o manejo de frutos de açaizeiro (*Euterpe precatoria* Mart.) em áreas extrativistas no Acre, Brasil. *Acta amazônica*, 34 (2), 237-250.
- Rodrigues, P. J. F. P.; Abreu, R. C. R.; Barcellos, E. M., Lima, H. C. & Scarano, F. R. (2009). Population structure and one-year dynamics of the endangered tropical tree species *Caesalpinia echinata* Lam. (Brazilian red-wood): the potential importance of small fragments for conservation. *Rodriguésia*, 60(1), 211-220.
- Rodrigues, P. M. S.; Silva, J. O.; Eisenlohr, P. V. & Schaefer, C. E. G. R. (2015). Climate change effects on the geographic distribution of specialist tree species of the Brazilian tropical dry forests. *Brazilian Journal of Biology*, 75(3), 679-684.
- Rodrigues, W. C. (2007). *Lizaro Morisita Calc. v. 1.0*. Lizaro Soft.
- Salcedo-Sanz, S.; Rojo-Álvarez, J. L.; Martínez-Ramón, M. & Camps-Valls, G. (2014). Support vector machines in engineering: an overview. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 4(3), 234-267.
- Silva, A. C. C.; Oliveira, E. V. S.; Alves, M.; Farias, M. C. V.; Mota, A. C.; Souza, C. A. S. & Prata, A. P. N. (2019). Lista atualizada da flora vascular do Parque Nacional (PARNA) Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. *Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza*, 3(1), 40-67.
- Silva, M. D. G. C.; Martini, A. M. & Araújo, Q. R. D. (2009). Estrutura populacional de *Euterpe edulis* Mart. no sul da Bahia, Brasil. *Brazilian Journal of Botany*, 32(2), 393-403.
- Silvertown, J. W. (1987). *Introduction to plant population ecology*. Longman.
- Silvius, K. M. (2002). Spatio-temporal patterns of palm endocarp use by three Amazonian forest mammals: granivory or 'grubivory'. *Journal of tropical ecology*, 18(5), 707-723.
- Soares, K. P.; Longhi, S. J.; Neto, L. W. & Assis, L. C. (2014). Palmeiras (Arecaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. *Rodriguésia*, 65(1), 113-139.
- Sobral, I. S.; Oliveira Santana, R. K.; Gomes, L. J.; Ribeiro, G. T.; Santos, J. R. & Costa, M. (2007). Avaliação dos impactos ambientais no Parque Nacional Serra de Itabaiana-SE. *Caminhos de Geografia*, 8(24), 102-110.
- Souza, A. F. & Martins, F. R. (2002). Spatial distribution of an undergrowth palm in fragments of the Brazilian Atlantic Forest. *Plant ecology*, 164, 141-155.
- Souza, C. L. O.; Nogueira, V. D. F. B. & Silva Nogueira, V. (2017). Variabilidade interanual da precipitação em cidades do semiárido brasileiro entre os anos de 1984 e 2015. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 12(4), 740-747.
- Souza, F. G. & Lima, R. A. (2019). A importância da família Arecaceae para a região norte. *Educamazônia educação, sociedade e meio ambiente*, 23(2), 100-110.
- SpeciesLink. (2021). *Allagoptera brevicalyx* Moraes. <https://specieslink.net/>
- Svenning, J. C. (2001). Environmental heterogeneity, recruitment limitation and the mesoscale distribution of palms in a tropical montane rain forest (Maquipucuna, Ecuador). *Journal of tropical ecology*, 17(1), 97-113.
- Triola, M. F. (1999). *Introdução à estatística*. LTC.
- Velazco, S. J. E.; Villalobos, F.; Galvão, F. & Marco Júnior, P. (2019). A dark scenario for Cerrado plant species: Effects of future climate, land use and protected areas ineffectiveness. *Diversity and Distributions*, 25(4), 660-673.
- Vicente, A. (1999). *Levantamento florístico de um fragmento florestal na Serra de Itabaiana - Sergipe*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Vicente, A.; Araújo, G. M. M.; Lírio, G. P. & Santos, S. C. (1997). Descrição parcial e preliminar dos habitats da Serra de Itabaiana, Sergipe. *Publicações Avulsas do Centro Acadêmico Livre de Biologia da Universidade Federal de Sergipe*, 1, 23-27.
- Vieira, F. D. A.; Novaes, R. M. L.; Fajardo, C. G.; Santos, R. M. D.; Almeida, H. D. S.; Carvalho, D. D. & Lovato, M. B. (2015). Holocene southward expansion in seasonally dry tropical forests in South America: phylogeography of *Ficus bonijesulapensis* (Moraceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 177(2), 189-201.
- Young, L. J. & Young, J. H. (1998). *Statistical ecology: A population perspective*. Kluwer Academic Publishers.
- Zambrana, N. Y. P.; Byg, A. Svenning, C. C.; Moraes, M.; Grandez, C.; Balsley, H. (2007). Diversity of palm uses in the western Amazon. *Biodiversity and Conservation*, 16, 2771-2787.
- Zurell, D.; Zimmermann, N. E.; Gross, H.; Baltensweiler, A.; Sattler, T. & Wüest, R. O. (2020). Testing species assemblage predictions from stacked and joint species distribution models. *Journal of Biogeography*, 47(1), 101-113.